

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

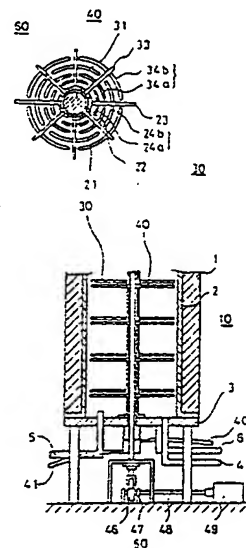
**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**(54) SHELF FOR SURFACE TREATING DEVICE**

(11) 63-50475 (A) (43) 3.3.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-194664 (22) 20.8.1986  
 (71) FUJI ELECTRIC CO LTD (72) HIROYUKI TAKAHASHI  
 (51) Int. Cl. C23C16/44, C23C16/30

**PURPOSE:** To treat the whole surface of an article to be treated by forming the title shelf with a fixed shelf arm and a movable shelf arm repeatedly passing through the fixed shelf arm in the vertical direction to change the contact surface of the article with the shelf.

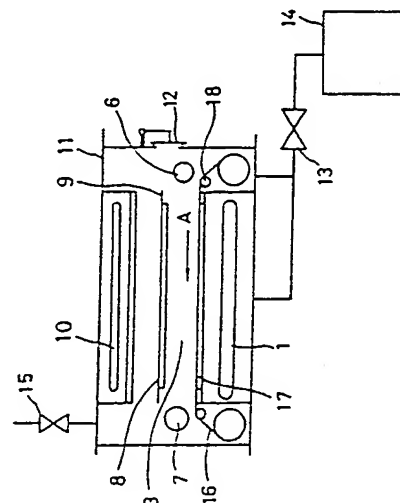
**CONSTITUTION:** In the reaction furnace 10 of the heat treating device, an article to be treated such as a metallic product is placed on the shelf 60, and a superhard material is chemically vapor-deposited. The shelf 60 is formed with a fixed shelf arm 30 which is radially provided in plural stages on the outer periphery of a hollow fixed shaft 21 which is vertically mounted on a horizontal base 3, and a movable shelf arm 40 which is vertically moved in the hollow fixed shaft 21 by a driving gear 50 and radially provided in plural stages on the outer periphery of a movable shaft 31. Besides, the fixed shelf arm 30 is formed by a fixed arm 23 horizontally fixed to the fixed shaft 21 and plural circular arms 24a and 24b. Meanwhile, the movable shelf arm 40 is formed with a movable arm 33 which is horizontally fixed to the movable shaft 31, protrudes from the long hole 22 of the fixed shaft 21, and vertically moves through the fixed arm 23 and plural movable circular arms 34a and 34b.

**(54) THIN FILM FORMING DEVICE**

(11) 63-50476 (A) (43) 3.3.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-194229 (22) 19.8.1986  
 (71) MITSUBISHI ELECTRIC CORP (72) TOSHIYUKI KOBAYASHI(3)  
 (51) Int. Cl. C23C16/48, C23C16/34, H01L21/205, H01L21/263, H01L21/31

**PURPOSE:** To stably form a film for a long time by separating a reaction chamber and a light source for photochemically decomposing a reactive gas with a light-transmissible mesh sheet and a light-transmissible film sliding and traveling on the surface of the sheet.

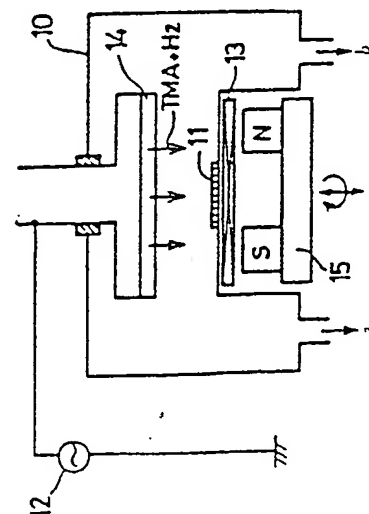
**CONSTITUTION:** A vacuum vessel 11 is evacuated to a specified vacuum by a vacuum pump 14, and a reactive gas is supplied into the reaction chamber 3 from a gas header 6 and discharged through a gas header 7. The reactive gas is photochemically decomposed by a light source 1, and a thin film is formed on the surface of a substrate 8 on a holder 9 heated to a specified temp. by a heater 10. In the film forming device of the above-mentioned structure, the reaction chamber 3 and the light source 1 are separated by the partition part consisting of the light-transmissible sheet 17 and the light-transmissible partition film 16 sliding and traveling on the surface of the sheet through a driving mechanism 18. As a result, the traveling of the film 16 is not disturbed by the deposit, the transmissibility of the irradiation light is not reduced, and the deposition of a reaction product on the light source 1 is prevented.

**(54) FORMATION OF THIN FILM DEVICE**

(11) 63-50477 (A) (43) 3.3.1988 (19) JP  
 (21) Appl. No. 61-193447 (22) 19.8.1986  
 (71) FUJITSU LTD (72) TAKASHI KATO  
 (51) Int. Cl. C23C16/50, C23C16/20, H01L21/205, H01L21/88

**PURPOSE:** To form the title high-quality thin film device by setting the value of (magnetic field intensity) × (RF power density) / (gas density) in a specified range proportional to the activation energy of a deposition reaction to stably control the film thickness.

**CONSTITUTION:** Gaseous  $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$  diluted with  $\text{H}_2$  is introduced from a shower nozzle 14 into an evacuated chamber 10, the material is decomposed by the plasma generated through an RF oscillation power source 12 and the RF power and magnetic field of a magnet 15, and an Al thin film is formed on the surface of an Si wafer 11 heated to a specified temp. by a heater 13. In the formation of the CVD thin film device of the above-mentioned structure, the value of (magnetic field intensity) × (RF power density) / (gas pressure) is set in a specified range proportional to the activation energy of a decomposition reaction. In this case, the RF power density is appropriately controlled to  $0.5 \sim 2.0 \text{ W/cm}^2$ , the gas pressure to  $1 \sim 5 \text{ Torr}$ , the magnetic field intensity to  $200 \sim 1,500 \text{ G}$ , and the (magnetic field intensity) × (RF power density) / (gas pressure) to  $20 \sim 3,000 \text{ G} \cdot \text{W/cm}^2 \cdot \text{Torr}$ .



## ⑫ 公開特許公報(A)

昭63-50477

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑯ 公開 昭和63年(1988)3月3日

C 23 C 16/50  
16/20  
H 01 L 21/205  
21/88

6554-4K  
6554-4K  
7739-5F  
B-6708-5F

審査請求 有 発明の数 1 (全6頁)

⑰ 発明の名称 薄膜装置の形成方法

⑱ 特 願 昭61-193447

⑲ 出 願 昭61(1986)8月19日

⑳ 発 明 者 加 藤 隆 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社 内

㉑ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉒ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

薄膜装置の形成方法

## 2. 特許請求の範囲

(1) 磁界を印加されたプラズマを用いたプラズマ CVD 法によって薄膜を形成する薄膜装置の形成方法において、

(磁界強度) × (RF パワー密度) / (ガス圧力) の値を堆積反応の活性化エネルギーに比例した一定範囲に設定したことを特徴とする薄膜装置の形成方法。

(2) 磁界なしの場合のプラズマ中の電子(e)の平均自由行程( $\lambda_e$ )が磁界印加による電子(e)のラーマ半径( $r_e$ )と同程度になるように、該 RF パワー密度、ガス圧力、磁界強度を一定範囲に設定したことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の薄膜装置の形成方法。

(3) 該 RF パワー密度が  $0.5W/cm^2 \sim 2.0W/cm^2$ 、ガス圧力が 1 Torr  $\sim$  5 Torr、磁界強度が 200 G  $\sim$  1500 G であることを特徴とする特許請

求の範囲第2項記載の薄膜装置の形成方法。

(4) 該 (磁界強度) × (RF パワー密度) / (ガス圧力) の値が  $20 \sim 3000 G \cdot W/cm^2 \cdot Torr$  の範囲にあることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の薄膜装置の形成方法。

(5) 磁界を印加する方法としてループ磁界をウェハに印加するプレーナマグネトロンを用い、ループ磁束が該ウェハを貫かずに該ウェハ表面にループ状に分布するように磁界を印加することを特徴とする特許請求の範囲第1項乃至第4項のうちいずれか一項記載の薄膜装置の形成方法。

## 3. 発明の詳細な説明

(概要)

本発明は薄膜装置の形成方法において、

CVD 法による磁界強度と RF パワー密度との関係が明らかにされていないことによって膜厚を安定に形成し得ない従来方法の問題点を解決するため、(磁界強度) × (RF パワー密度) / (ガス圧力) の値を堆積反応の活性化エネルギーに比例した一定範囲に設定することにより、

膜厚を安定に制御し得、高品質の薄膜装置を形成するようにしたものである。

#### (産業上の利用分野)

本発明は薄膜装置の形成方法、特に、磁界を印加されたプラズマを用いてプラズマCVD法による薄膜装置の形成方法に関する。

#### (従来の技術)

薄膜装置において、配線膜となる薄膜を形成する方法として、磁界を加えたプラズマを用いてエッチングする例が従来知られている。この場合、ガス圧力が低いので電子の平均自由行程が十分長くなり、これにより、小さい磁界を用いても効果があった。

#### (発明が解決しようとする問題点)

然るに、CVD法においてはガス圧力が高く、電子運動は磁界とパワーに大きく依存し、従来、磁界とパワーとの関係が明らかにされていない。

り、同図(A)は磁界を印加しない場合、同図(B)は磁界を印加した場合である。同図(A)において、磁界を加えない場合、プラズマ中の電子eは電界Eと逆方向に粒子Aと衝突しながら移動する。

これに対して磁界を加えた場合、同図(B)に示す如く、電子eは、 $r_e$  (ラーマ半径)  $= 3.4 \times (\sqrt{V}/B)$  (cm) の式で示される円運動を行なって曲げられる。ここに、Bは磁界強度(ガウス)、Vは電子エネルギー(eV)である。このため、電子の走行距離 $\lambda_e$ が長くなり、これにより、粒子Aとの衝突が多くなってガス粒子はより多く励起され、結果的に、反応が促進されることになる。

従来のエッチングでは、ガス圧力が $10^{-4}$  Torrと低いために $\lambda_e \gg r_e$ の条件が満足され、圧力、パワー、ソースガス量依存性に特異性が見られなかった。

そこで、本出願人は、プラズマCVD法に磁界を印加する場合、ガス圧力が0.5~5 Torrと高

この結果、従来のCVD法においては膜厚を安定に制御して形成し得ず、高品質の薄膜装置を形成し得ない問題点があった。

#### (問題点を解決するための手段)

磁界を印加されたプラズマを用いたプラズマCVD法によって薄膜を形成するに際し、(磁界強度)  $\times$  (RFパワー密度) / (ガス圧力) の値を堆積反応の活性化エネルギーに比例した一定範囲に設定する。

#### (作用)

上記式中、磁界強度を200G~1500G、RFパワー密度を $0.5W/cm^2 \sim 2.0W/cm^2$ 、ガス圧力を1 Torr~5 Torrにし、上記式の値を $20 \sim 3000 G \cdot W/cm^2 \cdot Torr$ にすることにより、膜厚を安定に制御し得る。

#### (実施例)

第2図はプラズマ中の電子運動を示した図であ

いことによるガス圧力、RFパワー、磁界強度に一定の条件があることを見出した。

第1図は本発明方法による膜形成を説明する図を示す。このものは、磁界を加えたプラズマCVD法であるので、MP-CVD法と称す。同図に示す如く、真空とされた平行平板型プラズマチャンバ10内にSiウェハ11を置き、13.56 MHzのRF発振電源12及びSiウェハ11下方のチャンバ10外部にヒータ13及びマグネット15を設置する。マグネット15によって磁界を印加し、かつ、有機金属のトリメチルA<sub>2</sub>(A<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>))<sub>3</sub>(TMA)ガスを水素ガスで希釈し、上部電極のシャワー状ノズル14からチャンバ10内に導入する。この場合、トリメチルA<sub>2</sub>は融点(15℃)以下の5℃程度に冷却して用いる。

第3図は第1図中Siウェハ11上での磁界強度分布図であり、水平方向成分と垂直方向成分とに分けて描いてある。ここで、磁界によるプラズマ中の電子eの運動はヘリカル運動(第4図(A))

）及びサイクロイド運動（同図（B））の2種に大別され、ヘリカル運動は垂直磁界にまつわりつく運動で、サイクロイド運動は水平磁界によって曲げられた電子が陰極にはね返され乍らドリフトする運動である。ループ状に印加された磁界では第3図に示す磁界分布となるので、Siウェハ11の中心線上ではサイクロイド運動、その左右周辺ではヘリカル運動が主体となる。

第5図はウェハ中心からの距離対A<sub>2</sub>膜厚特性図を示す。同図より明らかな如く、RFパワー密度が低下するとSiウェハ中心部での堆積速度が低下するが、これは、RFパワー低下によってサイクロイド運動の半径が大になり、磁界の影響がなくなるためである。

1.0W/cm<sup>2</sup>のRFパワー密度においては、サイクロイド運動及びヘリカル運動が堆積反応に与える影響が同じになり、均一な膜が形成される。更に、RFパワー密度を上げる（例えば1.3W/cm<sup>2</sup>）と今度はサイクロイド運動が主体になるので、ウェハ中心部においては反応が促進されて

度にするためにRFパワー又は磁界を強くしなければならない。

第8図はウェハに加える磁界による磁束を示す図で、ループ磁界を印加するいわゆるプレーナマグネトロンを用いる。同図に示すように、ループ状磁束30に垂直方向からソースガス31を導入し、磁束がウェハ11を貫かないでウェハ11表面にループ状に分布し、更に、ガスが導入されるシャワー状ノズル（図示せず）に近づくに従って磁界が弱まるように設定することが重要である。このようにすれば、ウェハ11表面でサイクロイド運動だけによって励起されたガスがウェハ11表面近傍で最終的な堆積反応を生じることになる（表面反応による堆積を主体とすれば段差部でのカバレッジが良い）。又、ループ状磁界がノズルに近づくに従って弱くなれば、電子のサイクロイド運動によってソースガスを強く励起することが可能となり、反応の前段階を形成して最終反応を促進する。

第9図はRFパワー密度対堆積速度特性図を示

Siウェハ中心部だけが堆積速度が速くなる。結局、均一な膜を得るには一定範囲のRFパワー密度にする必要がある。第6図はRFパワー密度対堆積速度特性図を示す。高RFパワー密度領域で堆積速度が減衰するのは磁界を印加する本発明の特徴である。RFパワー密度の有効範囲は0.5W/cm<sup>2</sup>～2.0W/cm<sup>2</sup>にする必要があり、TMAを用いたA<sub>2</sub>膜の堆積における最適値は1.0W/cm<sup>2</sup>～1.5W/cm<sup>2</sup>である。

第7図はTMAキャリアガス流量対堆積速度特性図を示す。この場合の条件は、ソースガスとしてTMAを用い、希釈H<sub>2</sub>量は1.5ℓ/min、RFパワー密度は1W/cm<sup>2</sup>、磁界は780 Gauss、圧力は2.3 Torrである。TMAソースガス15 ℓ/min以上で堆積速度がSiウェハ中心部で下がるのは、TMAの分子が巨大なためにサイクロイド運動の電子の平均自由行程が減少してソースガスの励起が完全でなくなるためと考えられる。つまり、磁界の効果を出すには、ソースガス中の電子の平均自由行程λ<sub>e</sub>とラーマ半径r<sub>e</sub>を同程

す。圧力を上げるとガス中の電子平均自由行程が減少するので、磁界強度及びRFパワーを高くしないとガスの解離反応を促進し得ない。同図より明らかな如く、磁界を一定にした場合、圧力を増加させた分だけRFパワーを増加させなければならないことがわかる。

結論として、膜厚堆積反応が起る活性化エネルギー以上にガス分子を励起してやらなければならないので、ガス圧力に応じて磁界又はRFパワー密度を一定値以上にしてやらなければならないことがわかる。つまり、（磁界強度）×（RFパワー密度）／（ガス圧力）の値が堆積反応の活性化エネルギーに比例した一定範囲になるように設定することが必要である。具体的には、RFパワー密度が0.5W/cm<sup>2</sup>～2.0W/cm<sup>2</sup>、ガス圧力が1 Torr～5 Torr、磁界強度が200G～1500Gであり、上記式の値が20～3000 G・W/cm<sup>2</sup>・Torrになる。特に、第10図に示す如く、磁界強度を200G以上にすると比抵抗が20（μΩ-cm）と低くなる。

このような条件を以てプラズマCVD法を施すと、薄膜の膜厚を安定に制御し得、高品質の薄膜装置を形成し得る。

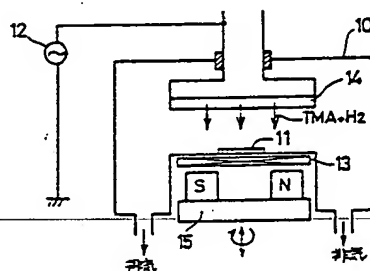
(発明の効果)

本発明によれば、 $(\text{磁界強度}) \times (\text{RFパワー密度}) / (\text{ガス圧力})$  の値を一定値以上に設定してプラズマCVD法を行なっているので、これら磁界強度、RFパワー密度、ガス圧力等の諸条件の間の関係を無視していた従来の方法に比して薄膜の膜厚を安定に制御し得、これにより高品質の薄膜装置を得ることができる等の特長を有する。

4. 図面の簡単な説明

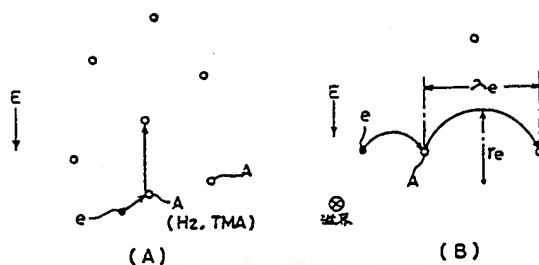
- 第1図はMP-CVD法による膜形成を説明する図、  
 第2図はプラズマ中の電子の運動を説明する図、  
 第3図はSiウェハ上での磁界強度分布図、  
 第4図は電子の運動の種類を示す図、  
 第5図はウェハ中心からの距離対Aと膜厚特性図、

- 第6図はRFパワー密度対堆積速度特性図、  
 第7図はTMAキャリアガス流量対堆積速度特性図、  
 第8図はウェハに加える磁界による磁束を示す図、  
 第9図はRFパワー密度対堆積速度特性図、  
 第10図は磁界強度と比抵抗特性図である。  
 図中において、  
 10はチャンバ、  
 11はSiウェハ、  
 12はRF発振電源、  
 13はヒータ、  
 14はシャワー状ノズル、  
 15はマグネット、  
 30はループ状磁束、  
 31はソースガス、  
 eは電子、  
 Aは粒子、  
 $\lambda_s$ は電子の平均自由行程、  
 $r_e$ はラーマ半径である。



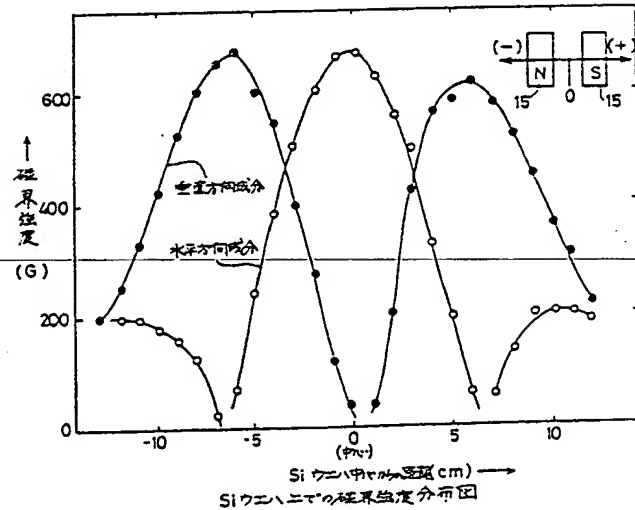
MP-CVD法による膜形成を説明する図

第1図



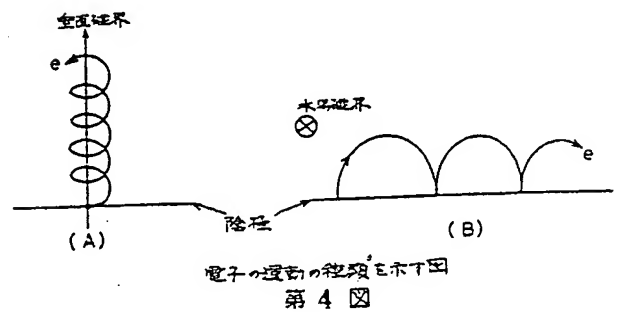
プラズマ中の電子の運動を示す図

第2図



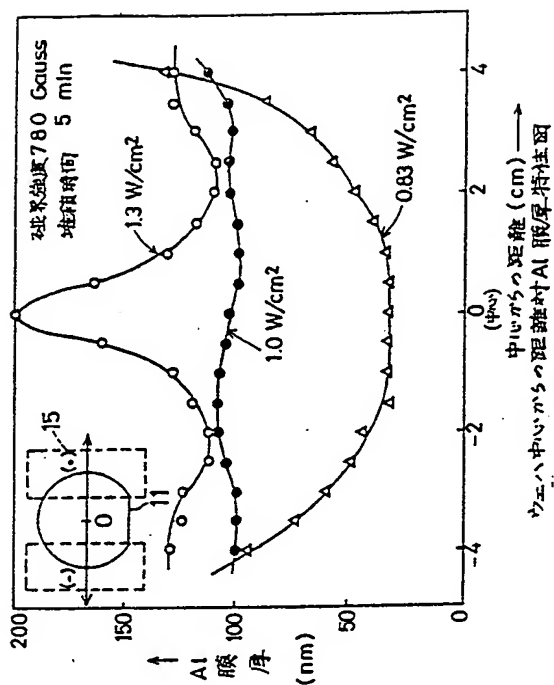
Siウェハ上の磁界強度分布図

第3図

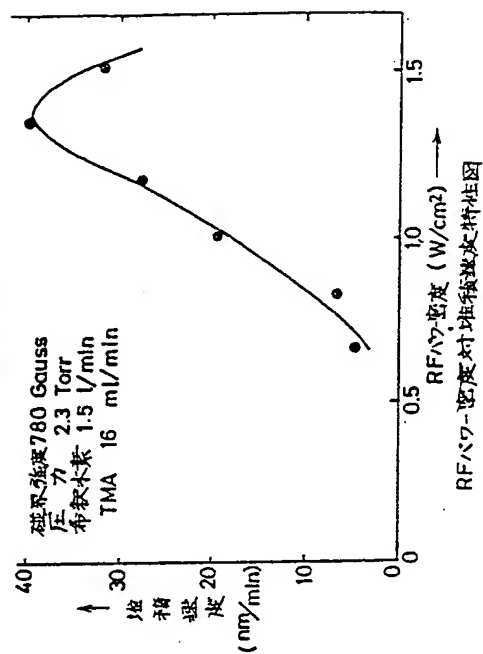


電子の運動の種類を示す図

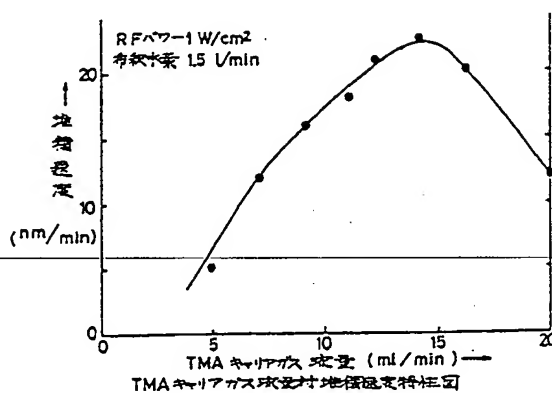
第4図



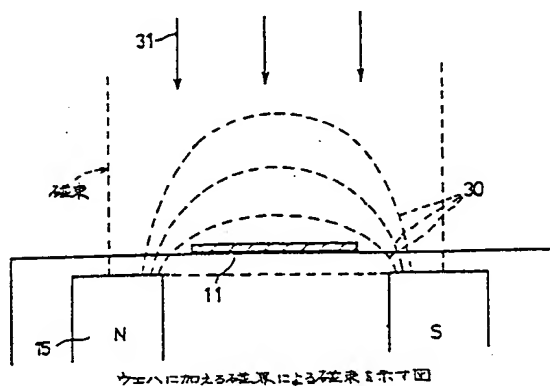
第 5 図



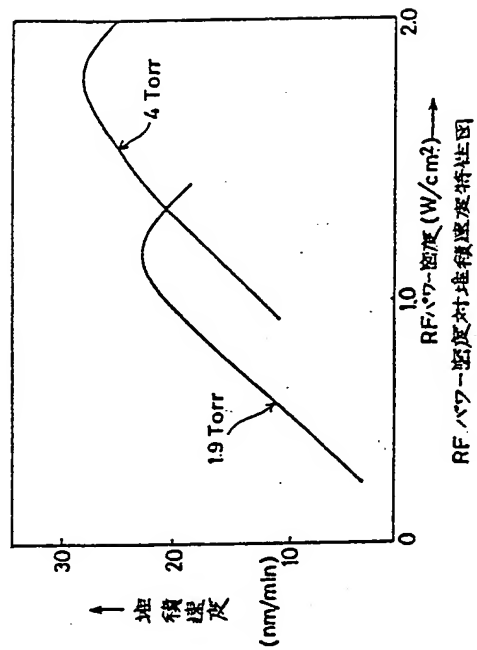
第 6 図



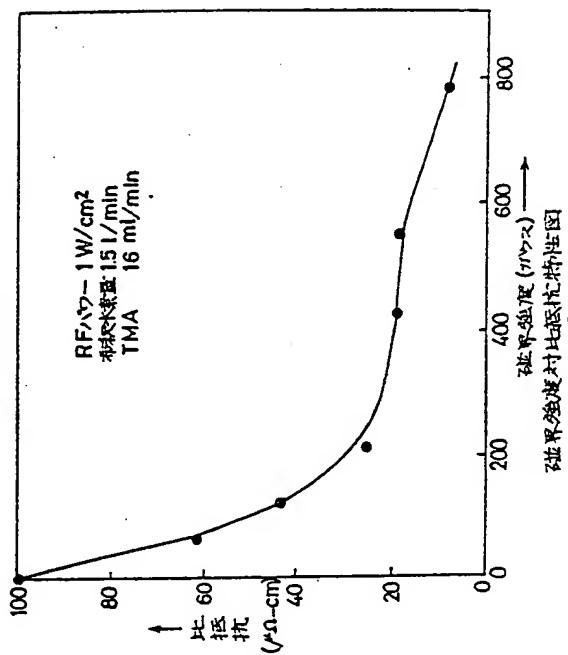
第 7 図



第 8 図



第9図



第10図